

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10135555 A**

(43) Date of publication of application: **22 . 05 . 98**

(51) Int. Cl

H01S 3/109

G03F 7/20

// H01L 21/027

H01S 3/00

(21) Application number: **08285075**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(22) Date of filing: **28 . 10 . 96**

(72) Inventor: **TAKEHISA KIWAMU**

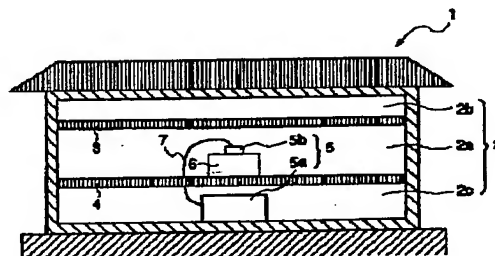
(54) **EXPOSURE LIGHT SOURCE AND EXPOSURE
DEVICE USING IT**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid influence of clean room by preparing a second laser generating device comprising a laser medium which generates second laser light with first laser light as an energy source, and wavelength conversion means for wavelength converting the second laser light to generate third laser light.

SOLUTION: 510.6nm excitation light LR from a low lost area of an optical fiber 7 is transmitted from an excitation laser 5a to an exposure light generation laser 5b. The excitation light LR drives the exposure light generation laser 5b, and a fundamental wave LB is extracted. Then the fundamental wave is wavelength converted into a high frequency with a short wavelength, and a fourth harmonic L_4 is extracted as exposure light. By this construction, the exposure light generation laser 5b directly relating to the generation of exposure light can be downsized, and it can be integrally mounted on a stepper 6. Accordingly, even if a clean room 2 vibrates, the exposure light generation laser 5b and the stepper 6 are not shifted from each other, and they are not influenced by the vibration of the clean room.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-135555

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月22日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
H 0 1 S 3/109		H 0 1 S 3/109
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20 5 2 1
// H 0 1 L 21/027		H 0 1 S 3/00 B
H 0 1 S 3/00		H 0 1 L 21/30 5 1 5 B
		5 1 8

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-285075

(22) 出願日 平成8年(1996)10月28日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 武久 究

東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株

式会社日立製作所半導体事業部内

(74) 代理人 弁理士 筒井 大和

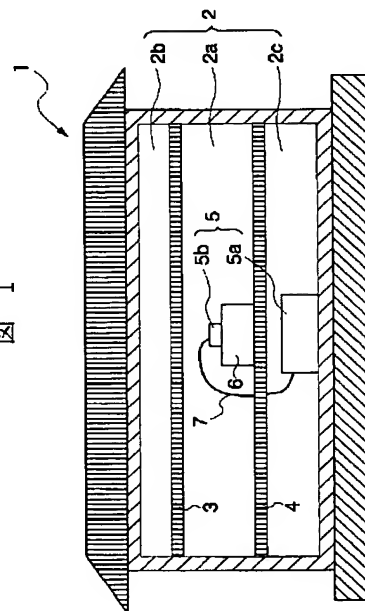
(54) 【発明の名称】 露光光源およびそれを用いた露光装置

(57) 【要約】

【課題】 クリーンルームの振動に影響されにくく、スペース効率に優れ、十分に狭帯域化された短波長の露光光を得ることのできる露光光源とする。

【解決手段】 励起光を発生する励起用レーザ5aと、励起光を伝送する光ファイバ7と、この光ファイバ7を介して励起用レーザ5aと接続され、励起光をエネルギー源として励起されて基本波を発生するレーザ媒質、および基本波を所定レベルの高調波に波長変換して露光光として用いられる第3のレーザ光を発生する波長変換手段からなる露光光生成用レーザ5bとを備えた構成とする。

図 1



5a : 励起用レーザ
5b : 露光光生成用レーザ
7 : 光ファイバ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のレーザ光を発生する第1のレーザ光発生装置と、

前記第1のレーザ光を伝送するレーザ光伝送手段と、
前記レーザ光伝送手段を介して前記第1のレーザ光発生装置と分離して設けられ、前記レーザ光伝送手段により伝送された前記第1のレーザ光をエネルギー源として励起されて第2のレーザ光を発生するレーザ媒質、および前記第2のレーザ光を所定レベルの高調波に波長変換して露光光として用いられる第3のレーザ光を発生する波長変換手段からなる第2のレーザ光発生装置とを備えたことを特徴とする露光光源。

【請求項2】 請求項1記載の露光光源において、前記第2のレーザ光は狭帯域化素子を通して取り出されることを特徴とする露光光源。

【請求項3】 請求項1または2記載の露光光源において、前記第1のレーザ光は銅レーザによって、前記第2のレーザ光は色素レーザまたはチタンサファイアレーザによって発生することを特徴とする露光光源。

【請求項4】 請求項1または2記載の露光光源において、前記第1のレーザ光は半導体レーザによって、前記第2のレーザ光はYAGレーザによって発生することを特徴とする露光光源。

【請求項5】 請求項1、2、3または4記載の露光光源において、前記レーザ光伝送手段は、光ファイバまたはミラーであることを特徴とする露光光源。

【請求項6】 請求項1、2、3、4または5記載の露光光源において、前記光ファイバは1台の前記第1のレーザ光発生装置に複数本取り付けられており、または前記光ファイバは1台の前記第1のレーザ光発生装置に1本取り付けられてそれが途中で複数本に分岐されており、それぞれの前記光ファイバが複数台の前記第2のレーザ光発生装置にそれぞれ接続されていることを特徴とする露光光源。

【請求項7】 請求項1、2、3、4または5記載の露光光源において、前記第1のレーザ光発生装置は複数台設置され、これら第1のレーザ光発生装置に対応した前記第2のレーザ光発生装置は1台設置され、前記第1のレーザ光発生装置からそれぞれ延びて前記第2のレーザ光発生装置に接続された前記光ファイバにより伝送された前記第1のレーザ光は、1本のビームに集光されて前記第2のレーザ光発生装置に導入されることを特徴とする露光光源。

【請求項8】 請求項1、2、3、4、5、6または7記載の露光光源において、前記第3のレーザ光は、その波長が約200nmであることを特徴とする露光光源。

【請求項9】 請求項1、2、3、4、5、6、7または8記載の露光光源を用いた露光装置であって、クリーンルームの作業室に設置され、基板上に所定のパターンを露光する装置本体と、

前記クリーンルームの床下部または前記クリーンルームの外部に設置された前記第1のレーザ光発生装置と、
前記第1のレーザ光発生装置と離れて前記装置本体に取り付けられた前記第2のレーザ光発生装置と、
前記第1のレーザ光発生装置から取り出された第1のレーザ光を前記第2のレーザ光発生装置に伝送するレーザ光伝送手段とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項10】 請求項9記載の露光装置において、前記第1のレーザ光は銅レーザであり、前記装置本体は、スキャンしながら前記パターンを前記基板上に繰り返しステップして露光して行くスキャン方式ステップであることを特徴とする露光装置。

【請求項11】 請求項10記載の露光装置において、前記スキャンは、直交する2方向に対して実行されることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハなどの基板上にパターンを形成する露光技術に関し、特に、微細パターン形成に必要とされる短波長の露光光を取り出すことのできる露光光源に適用して有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】フォトリソグラフィ技術として露光装置に要求される性能としては、解像度、アライメント精度、処理能力、装置信頼性など種々のものが存在する。中でも、パターンの微細化に直接つながる解像度Rは、 $R = k \cdot \lambda / NA$ （k：定数、 λ ：露光波長、NA：投影レンズの開口数）によって表される。したがって、良好な解像度を得るためには、露光波長 λ という光学パラメータが重要なファクターになる。

【0003】ここで、従来の露光装置では、おもに水銀ランプのg線（波長：436nm）やi線（波長：365nm）が露光光源（以下、単に「光源」という。）として利用されてきた。より微細な加工線幅を実現するための一層短波長な光源として、波長248nmのKrFエキシマレーザが利用されることもある。そして、さらに微細な加工を行うための光源として、波長193nmのArFエキシマレーザの利用も検討されている。なお、これに関しては、例えば、平成8年レーザー学会学術講演会・第16回年次大会、講演予講集、25pVII4（第96頁から第99頁）、あるいは特開平1-94617号公報において説明されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】短波長の露光光が得られるエキシマレーザなどのレーザ発振器は、通常、ステップなど露光装置本体の横に設置されており、エキシマレーザから取り出されたレーザ光は、多数のミラーで反射を繰り返しながらステップまで導かれる構造となっている。したがって、これらのミラー全てが微動しないよ

うにする必要があるだけでなく、装置本体とレーザ発振器とがサブミクロンのオーダーで相対的にずれないように設置される必要がある。しかし、レーザ発振器やミラーは装置本体とともにクリーンルーム内に設置されてその振動の影響を受けてしまうため、このような条件を満たすように設置することは困難である。

【0005】なお、この点に関しては、多数のミラーでレーザ光を導く代わりに、レーザ光を光ファイバで装置本体まで導こうとの代案も考えられる。ところが、光ファイバによって伝送できる波長は約 300nm 以上であり、従来の水銀ランプによる露光光などには適用できるが、KrFエキシマレーザの波長 248nm や、ArFエキシマレーザの波長 193nm では損失が極めて大きくなってしま

う。したがって、実際に必要となる数メートル程度光ファイバで伝送すると、レーザ光は極端に減衰してフォトリソグラフィに利用することはほぼ不可能となる。

【0006】また、エキシマレーザは放電励起型のガスレーザであるため、放電管、電源、ガスを循環させるためのプロアなどで構成され、水銀ランプに比べて装置寸法が遙かに大きい。さらに、露光装置は、他の半導体装置に比べて導入される台数が多い。したがって、多数の露光装置およびこれら露光装置と同数導入される大型のレーザ発振器によって、クリーンルームを大幅に広

くする必要が生じる。

【0007】さらに、従来の装置では、十分狭帯域化された短波長の露光光を得るために波長の狭帯域化素子をレーザ発振器内に挿入すると、発振する露光光を狭帯域化素子が吸収してダメージを受けるために長期間使用することができない。これは、波長 200nm 以下では狭帯域化素子の露光光吸収率が急激に増加するからである。その結果、狭帯域化が十分に行えず、たとえば ArFエキシマレーザにおける波長帯域は 193nm \pm 10pm 以上になる。これでは、色収差が大きくなり、十分に実用に耐える露光光を得ることができない。なお、この狭帯域化に関しては、たとえば、株式会社プレスジャーナル発行、「月刊 Semiconductor World」1995.11（1995年10月20日発行）、P16～P17において示されている。

【0008】このように、エキシマレーザなど短波長光をフォトリソグラフィの光源に用いると、露光装置がクリーンルームの振動に影響されやすくなる、クリーンルームが大型化する、狭帯域化が困難になるという問題がある。

【0009】さらに、特に ArFエキシマレーザが必要となる波長 200nm 以下の光を用いる露光装置では、露光光源から露光光を伝送させる途中で減衰するという問題がある。すなわち、波長 200nm 以下は一般に真空紫外域と呼ばれるように、紫外光は大気中では大気に含まれる炭酸ガスや水蒸気に吸収されやすいため、真空中でしか効率よく伝送できない。したがって、従来の ArFエキシマレーザを用いた露光装置では、この ArFエキシマ

レーザから出射したレーザ光を露光装置まで導く間で、レーザ光が大きく減衰することがあるという問題である。

【0010】ところで、DRAM (Dynamic Random Access Memory) では、一般に集積度が高い程チップサイズが大きくなり、ウェハ上の露光フィールドが増大する。そこで、露光フィールドの一領域のみに露光光を照射してウェハをスキャンすることで、露光フィールド全体に露光光を照射させる技術が提案されている。このようなステッパに関しては、たとえば、株式会社工業調査会発行、「電子材料」(1995年 3月 1日発行)、P107～P111に記載されている。

【0011】しかしながら、スキャン方式のステッパでは、露光フィールド内で露光光が照射される領域が少しずつ移動するため、繰り返し発生しているレーザパルスごとに照射領域が少しずつずれていくことになる。その結果、パルスのエネルギーのばらつきの影響を強く受けることがある。つまり、ステップ&スキャン方式ステッパでは、パルスエネルギーのばらつきにより露光量の空間的不均一を生じるという問題がある。

【0012】そこで、本発明の目的は、クリーンルームの振動に影響されにくい露光技術を提供することにある。

【0013】本発明の他の目的は、装置がクリーンルームのスペースを大きく占拠することのない露光技術を提供することにある。

【0014】本発明のさらに他の目的は、十分に狭帯域化された短波長の露光光を得ることのできる露光技術を提供することである。

【0015】本発明のさらに他の目的は、スキャン方式ステッパにおいて、パルスエネルギーのばらつきによる露光量の空間的不均一性を小さくできる露光技術を提供することにある。

【0016】本発明のさらに他の目的は、露光光が真空紫外の場合でも、これを露光装置まで効率よく導ける露光技術を提供することにある。

【0017】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【0018】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0019】すなわち、本発明による露光光源は、第1のレーザ光を発生する第1のレーザ光発生装置と、第1のレーザ光を伝送するレーザ光伝送手段と、レーザ光伝送手段を介して第1のレーザ光発生装置と分離して設けられ、レーザ光伝送手段により伝送された第1のレーザ光をエネルギー源として励起されて第2のレーザ光を発生するレーザ媒質、および第2のレーザ光を所定レベル

の高調波に波長変換して露光光として用いられる第3のレーザ光を発生する波長変換手段からなる第2のレーザ光発生装置とを備えたことを特徴とする。なお、第1のレーザ光発生装置と第2のレーザ光発生装置とは分離して設けられているのであるから、両者を離して設置しても動作可能である。

【0020】この露光光源において、第2のレーザ光は狭帯域化素子を通して取り出すようにすることが望ましい。また、第1のレーザ光の発生源として銅レーザを、第2のレーザ光の発生源として色素レーザまたはチタンサファイアレーザを用いることができる。さらに、第1のレーザ光の発生源として半導体レーザを、第2のレーザ光の発生源としてYAGレーザを用いることができる。レーザ光伝送手段としては、光ファイバまたはミラーを用いることができる。

【0021】このような露光光源において、光ファイバを1台の第1のレーザ光発生装置に複数本取り付け、または光ファイバを1台の第1のレーザ光発生装置に1本取り付けられてそれを途中で複数本に分岐し、それぞれの光ファイバを複数台の第2のレーザ光発生装置にそれぞれ接続するようにしてもよい。また、第1のレーザ光発生装置を複数台設置し、これら第1のレーザ光発生装置に対応した第2のレーザ光発生装置を1台設置し、第1のレーザ光発生装置からそれぞれ延びて第2のレーザ光発生装置に接続された光ファイバにより伝送された第1のレーザ光を1本のビームに集光して第2のレーザ光発生装置に導入するようにしてもよい。

【0022】なお、露光光である第3のレーザ光の波長は約200nm程度のものが取り出される。

【0023】本発明による露光装置は、このような露光光源が用いられたものであって、クリーンルームの作業室に設置され、基板上に所定のパターンを露光する装置本体と、クリーンルームの床下部またはクリーンルームの外部に設置された第1のレーザ光発生装置と、第1のレーザ光発生装置と離れて装置本体に取り付けられた第2のレーザ光発生装置と、第1のレーザ光発生装置から取り出された第1のレーザ光を第2のレーザ光発生装置に伝送する光ファイバとを備えたことを特徴とする。

【0024】この露光装置において、第1のレーザ光の発生源として銅レーザを、装置本体にはスキャンしながらパターンを基板上に繰り返しステップして露光して行くスキャン方式ステップを用いることができる。スキャンは、直交する2方向に対して実行することができる。

【0025】上記した手段によれば、第1のレーザ光発生装置と分離された第2のレーザ光発生装置をステップと一体化することができるので、クリーンルームが振動しても第2のレーザ光発生装置と装置本体とがずれることなく、露光装置の稼働率の向上を図ることが可能になる。

【0026】また、第2のレーザ光発生装置を装置本体

と一体化することができるため、第2のレーザ光発生装置が波長200nm以下の真空紫外域の紫外光を発生する場合でも、この紫外光はほとんど減衰せずに装置本体内に導かれる。さらに、第1のレーザ光発生装置に銅レーザを用いると、第2のレーザ光発生装置に色素レーザやチタンサファイアレーザを用いることができるが、これら色素レーザやチタンサファイアレーザは発振するレーザ光の波長をある程度の範囲内で任意に設定することができる。これによると、波長変換された第3のレーザ光の波長を微調整することができ、大気中の炭酸ガスや水蒸気の吸収スペクトルのピークを避けて波長を定めることができる。したがって、真空紫外領域の露光光でも、減衰量を最小限に抑制しつつ装置本体まで導入することができる。

【0027】第2のレーザ光発生装置と分離された第1のレーザ光発生装置をクリーンルームの床下部や外部に設置することが可能になるので、クリーンルームの作業室内における露光装置のサイズダウンを図ることができる。その広さを大幅に縮小することが可能になる。

【0028】第1のレーザ光に励起された長波長の第2のレーザ光を狭帯域化素子で狭帯域化した後に短波長の第3のレーザ光に波長変換しているため、この第3のレーザ光は十分に狭帯域化された短波長のレーザ光となる。その結果、色収差がほとんどない極めてシャープなパターン像が得られる。

【0029】第1のレーザ光発生装置に銅レーザを用いると、この銅レーザは4kHz以上の繰り返し数でパルス動作するので、露光光におけるパルスごとのエネルギーのばらつきの影響が大幅に減少して、スキャン方式のステップにおける露光むらが大幅に減少され、スキャン速度が大幅に向上される。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0031】（実施の形態1）図1は本発明の一実施の形態による露光装置を示す概念図、図2は図1の露光装置における第2のレーザ光発生装置の内部構造を示す説明図、図3は図1の露光装置における装置本体の内部構造を示す説明図である。

【0032】本実施の形態に示す露光装置は、半導体工場1のクリーンルーム2内に設置されている。このクリーンルーム2は、下方に向かう方向流のエアが流れるいわゆるダウンフローと呼ばれるタイプのものであり、空気中における浮遊微粒子が所定の清浄度レベル以下に管理された作業室2aと、たとえばULPAフィルタ

（Ultra Low Penetration Air-Filter）で形成された天井3により区画された作業室2aの上方空間である天井部2bと、作業室2aの床面4により区画された下方空間である床下部2cとの3室で構成されている。そして、天井部2bに流入されたエアはULPAフィルタで

清浄化されてクリーンエアとして作業室2aへと導入され、床下部2cに抜けるようになっている。なお、清浄空間である作業室2aには、図1に示す露光装置の他、様々な半導体製造装置が設置され、半導体製造プロセスの処理を行う作業室により種々の作業が行われる。また、床下部2cには前記した半導体製造装置へ供給されるガスや薬液などの配管が引かれる場合もある。

【0033】なお、クリーンルームはこのダウンフロータイプに限定されるものではなく、クリーンエアが一方の壁面から他方の壁面へと流れるクロスフロータイプ、気流パターンと流速とが一樣でない乱流形タイプ、エアの一方方向流形と非一方方向流形とが混在するミックスフロータイプなど種々のタイプを適用することが可能である。

【0034】図示する露光装置において、露光光源5は床下部2cに設置された励起用レーザ（第1のレーザ光発生装置）5aと、作業室2aのステッパ（装置本体）6上に乗せられた露光光生成用レーザ（第2のレーザ光発生装置）5bとで構成されている。そして、両者は光ファイバ（レーザ光伝送手段）7で接続されている。

【0035】励起用レーザ5aにはたとえば6kHzの繰り返し数でパルス動作する銅蒸気レーザ（銅レーザ）が用いられている。したがって、励起用レーザ5aから取り出された波長510.6nmの緑色の励起光（第1のレーザ光） L_1 （図2）は石英系の光ファイバ7に入り、この光ファイバ7によって露光光生成用レーザ5bに伝送される。なお、励起用レーザ5aで発生された励起光 L_1 は、たとえばミラーなど光ファイバ7以外のレーザ光伝送手段で露光光生成用レーザ5bへ伝送するようにしてもよい。

【0036】図2に示すように、チタンサファイアレーザからなる露光光生成用レーザ5bでは、レーザ媒質8としてチタンサファイア結晶が用いられており、回折格子9と出力鏡10とによって共振器が組まれている。これにより、レンズ11を通った励起光 L_1 が照射されたレーザ媒質8は共振器によりレーザ発振され、波長800nmの基本波（第2のレーザ光） L_2 が取り出される。なお、レーザ媒質8であるチタンサファイア結晶によれば690~1000nmの範囲で基本波 L_2 を発振させることができるが、回折格子9によって前述のように800nmに制御されている。

【0037】共振器である回折格子9と出力鏡10との間には波長を狭帯域化する狭帯域化素子12が挿入されており、波長帯域が約±0.1pmとされた基本波 L_2 が発振するようになっている。露光光生成用レーザ5bの発振波長は励起光 L_1 の波長より長くなり、可視域から赤外域でレーザ発振する。したがって、発振させるレーザ光を狭帯域化する狭帯域化素子12としては可視用あるいは近赤外用のものが用いられる。なお、狭帯域化素子12としては、波長800nmの基本波 L_2 に対応するエタ

ロンなどが好ましい。

【0038】出力鏡10から取り出された基本波 L_2 の光路上には、第2高調波 L_3 を発生する非線形光学結晶13、露光光である第4高調波（第3のレーザ光） L_4 を発生する非線形光学結晶14、第4高調波 L_4 を反射して図1に示すステッパ6の中に導くミラー15が順次配列されている。露光光生成用レーザ5bから発振されるレーザ光の波長は、原理的に励起光 L_1 の波長より長波長になるが、このように非線形光学結晶13、14を用いることで、発振したレーザ光を波長変換により短波長として露光光を発生させることができる。なお、非線形光学結晶13は、好ましくはBBO結晶あるいはCLBO結晶などにより、非線形光学結晶14は、好ましくはBBO結晶あるいはCLBO結晶などにより構成される。

【0039】ステッパの内部構造を図3に示す。図示する装置は、半導体ウェハ（基板）Wの上をたとえば15~20mm²の面積毎にステップアンドリピートしてパターンが露光される。

【0040】半導体ウェハWへと至る光路上には、レンズ16、ミラー17、シャッタ18、アパーチャ19、ショートカットフィルタ20、ミラー21、マスクブラインド22、コンデンサレンズ23および縮小投影レンズ24がそれぞれ順次配置されている。また、コンデンサレンズ23と縮小投影レンズ24との間に設けられたマスク移動台25にフォトマスクMがセットされており、マスク移動台25を操作することによって水平方向に移動されるようになっている。なお、半導体ウェハWの表面には前記した露光光である第4高調波 L_4 に感光するフォトリソグがスピン塗布されている。

【0041】半導体ウェハWはウェハステージ26の上に載置されており、Z軸移動台27、X軸移動台28およびY軸移動台29によって上下方向および水平方向に移動され、また、ステップ駆動されるようになっている。

【0042】ブレベークされた半導体ウェハWに所定のパターンを転写するフォトマスクMは、たとえば実寸の5倍の寸法の集積回路パターンの原画が形成されたレチクルであり、したがって、パターン像は半導体ウェハWの上に1/5に縮小投影されて露光される。

【0043】このような露光装置により、露光光は次のように生成されてステッパ6に導かれる。

【0044】まず、半導体ウェハWをウェハステージ26に搭載し、X、Y、Z軸移動台27、28、29を駆動してこれを露光位置に位置決めする。また、フォトマスクMをマスク移動台25の光路上にセットし、水平方向に移動して同じく位置決めする。このようにセッティングした後、励起用レーザ5aによって励起光 L_1 を発生させる。

【0045】励起用レーザ5aからの励起光 L_1 は光フ

ファイバ7によって露光光生成用レーザ5bへと伝送され、レーザ媒質8であるチタンサファイア結晶に照射される。すると、この励起光 L_1 の照射によって回折格子9と出力鏡10とからなる共振器がレーザ発振し、狭帯域化素子12により約0.1pmに狭帯域化された波長800nmの基本波 L_1 が出力鏡10から取り出される。基本波 L_1 は非線形光学結晶13に入射され、波長400nmの第2高調波 L_2 が生成される。この第2高調波 L_2 は非線形光学結晶14に入射され、露光光である波長200nmの第4高調波 L_4 が生成される。この第4高調波 L_4 はミラー15で反射されてステップ6中に導かれる。

【0046】ステップ6中では、第4高調波 L_4 はレンズ16から図3に示す光路を通してフォトマスクMに入射され、縮小投影レンズ24でスポット光ビームとなってウェハステージ26の上の半導体ウェハWのレジスト面に入射される。これにより、半導体ウェハWにパターン像が転写される。

【0047】このように、本実施の形態の露光装置では、光ファイバ7の低損失領域である波長510.6nmの励起光 L_1 が励起用レーザ5aから露光光生成用レーザ5bへと伝送される。そして、この励起光 L_1 で露光光生成用レーザ5bを駆動して基本波 L_1 が取り出され、これを短波長の高調波に波長変換して露光光としての第4高調波 L_4 が取り出される。これにより、露光光の生成に直接携わる露光光生成用レーザ5bをコンパクト化することができ、図1に示すようにステップ6上に搭載したり、あるいはステップ6内部に組み込んで一体化することができる。したがって、クリーンルーム2が振動しても露光光生成用レーザ5bとステップ6とのずれが防止される。

【0048】また、励起用レーザ5aを露光光生成用レーザ5bと分離して振動の影響を受けにくい床下部2cに設置することが可能になるので、作業室2aに励起用レーザ5aのスペースを確保する必要がなくなる。これにより、従来のエキシマレーザのように短波長が生成される露光光源に比べて、作業室2a内にある露光装置のサイズダウンを図ることができてその広さを大幅に縮小することが可能になる。

【0049】さらに、長波長の基本波 L_1 を狭帯域化素子12で狭帯域化した後に短波長の第4高調波 L_4 に波長変換しているため、狭帯域化素子12が短波長のレーザ光を吸収してダメージを受けることがなくなり、長期間使用することが可能となる。これにより、十分に狭帯域化を行うことができ、色収差の小さな第4高調波 L_4 、つまり露光光を得ることができる。

【0050】なお、本実施の形態で露光光生成用レーザ5bに用いられたチタンサファイア結晶では、発振波長を690~1000nmと極めて広い範囲で変化させることができる。したがって、第4高調波 L_4 としては波長172~250nmの間で調整できることになるため、波長248nmの

KrFエキシマレーザと波長193nmのArFエキシマレーザとの両方の波長をカバーすることが可能になる。これにより、KrFエキシマレーザを光源に用いた露光装置の光源のみを本実施の形態に示す露光光源5と交換することができ、たとえば、エキシマガスを定期的に交換してレーザ出力の低下を防止するために装置を停止させる、といったエキシマレーザに特有の問題を解消することができる。

【0051】ところで、以上のような装置構成を用い、励起用レーザ5aには銅蒸気レーザ（銅レーザ）を、露光光生成用レーザ5bには色素レーザを適用することができる。この場合には、次のようにして露光光が取り出される。

【0052】すなわち、銅蒸気レーザである励起用レーザ5aから取り出される波長510.6nmの励起光（第1のレーザ光） L_1 は光ファイバ7によって露光光生成用レーザ5bに入射される。そして、レンズ11を通り、レーザ媒質8である色素溶液に照射される。レーザ媒質8は回折格子9と出力鏡10とで構成された共振器間に配置されているため、励起光 L_1 の照射によってレーザ発振され、回折格子9によって発振波長が制御されて波長594nmの基本波（第2のレーザ光） L_2 が出力鏡10から取り出される。また、共振器間には狭帯域化素子12が配置されているので、波長帯域0.1pm以下の十分狭帯域化された単一縦モードの基本波 L_2 が発振される。なお、銅蒸気レーザを励起用レーザ5aとして動作された色素レーザでは、一般に560~630nmの範囲で効率よくレーザ発振させることができる。

【0053】出力鏡10から取り出された波長594nmの基本波 L_2 は非線形光学結晶13に入射されて波長297nmの第2高調波 L_4 が生成される。なお、非線形光学結晶13としては、BBO結晶あるいはCLBO結晶などが好ましい。

【0054】第2高調波 L_4 は非線形光学結晶14に入射され、この第2高調波 L_4 と未変換の基本波 L_2 との和周波数である波長198nmの第3高調波（第3のレーザ光） L_3 、つまり露光光が発生される。そして、この第3高調波 L_3 はミラー15で反射されてステップ6の中に導かれる。なお、非線形光学結晶14としては、BBO結晶あるいはCLBO結晶などが好ましい。

【0055】このように、露光光生成用レーザ5bに色素レーザを用いても露光光生成用レーザ5bをステップ6と一体化できるので、クリーンルーム2の振動による露光光生成用レーザ5bとステップ6とのずれが防止される。また、励起用レーザ5aを作業室2aの外に設置できるので、作業室2aの広さを大幅に縮小することが可能になる。さらに、狭帯域化素子12が短波長のレーザ光によりダメージを受けることがなくなるので、十分に狭帯域化された露光光を得ることができる。

【0056】これに加え、露光光生成用レーザ5bに色

素レーザを用いると第3高調波 L_3 によって波長 200nm 以下の露光光が得られることから、チタンサファイアレーザを用いた場合に比べて露光光の発生効率が格段に高くなる。

【0057】そして、以上説明したように、波長 200nm 以下の露光光が第4高調波 L_4 、や第3高調波 L_3 で得られるので、後述するYAGレーザによる波長変換に比べて必要となる非線形光学結晶の数が少なくなって光軸調整が容易になる。

【0058】なお、YAGレーザを用いて波長 200nm 以下の露光光を発生させるには第6高調波が必要である。しかし、第6高調波は波長が 177nmと極めて短くなるため、石英などの真空紫外で利用される限られた光学材料のほとんどが利用困難な波長となる。したがって、たとえば第6高調波を発生させることができたとしても、これを透過できる光学材料を用いたレンズを製造することが困難になる。これに対し、本実施の形態に説明したように、励起用レーザ5aに銅蒸気レーザを、露光光生成用レーザ5bに色素レーザやチタンサファイアレーザを用いて露光光源を構成すれば、波長 200nm以下の露光光が取り出せて実用的なステップパを実現することができる。

【0059】ここで、励起用レーザ5aとしては、他の銅レーザとしてたとえば臭化銅レーザなどを適用することもできる。つまり銅レーザとは、銅原子の励起準位間のエネルギー遷移を用いた気体レーザのことであり、銅蒸気レーザあるいは臭化銅レーザなどが例示される。

【0060】銅レーザは一般に4kHz以上の繰り返し数でパルス動作する。詳しくは、銅蒸気レーザは4~6kHz、臭化銅レーザは10~20kHzで動作することが知られている。したがって、一般に600Hz以下で動作するエキシマレーザに比べておよそ一桁も繰り返し数が高い。したがって、励起用レーザ5aに銅レーザを用いるならば、同じ平均パワーでもエキシマレーザの10倍程度もの多数のパルスが同じ領域に照射されることになる。これにより、パルスごとのエネルギーのばらつきの影響が約1/10に減少する。

【0061】したがって、銅レーザを露光光源とし、装置本体としてスキャン方式のステップパ(図4参照)を用いたならば、露光むらが大幅に減少され、また、繰り返し数が大幅に増加するのでスキャン速度を大幅に増加させることが可能になる。これにより、一方向のスキャンのみならず、直交する2方向にもスキャンすることが可能になり、露光フィールド60が大きい場合にも、広い露光面積61にわたって均一な露光を行うことができる。

【0062】(実施の形態2)図5は本発明の他の実施の形態による露光装置の露光光源における第2のレーザ光発生装置の内部構造を示す説明図である。なお、この実施の形態において、装置本体は実施の形態1に示すものと同一の構造を有し、また、このような装置本体と露

光光源とからなる露光装置は、同じく実施の形態1に示すようにしてクリーンルームに設置される。

【0063】本実施の形態において、露光光源5は励起用レーザ(第1のレーザ光発生装置)5aと露光光生成用レーザ(第2のレーザ光発生装置)5bとからなる。励起用レーザ5aは多数の半導体レーザが並べられたものから構成されており、全体として高出力な1本の励起光(第1のレーザ光) L_1 が発生されるようになっている。また、光ファイバ7を介してこの励起用レーザ5aに接続された露光光生成用レーザ5bにはYAG(Yttrium Aluminum Garnet)レーザが用いられている。したがって、励起用レーザ5aから取り出されたたとえば波長 810nmの近赤外域の励起光 L_1 は光ファイバ7中を伝送され、作業室に設置されたステップパに一体的に取り付けられた露光光生成用レーザ5bへと導かれる。

【0064】ここで、露光光生成用レーザ5bの内部構造を図5に示す。

【0065】この露光光生成用レーザ5bにおいて、レーザ媒質38としてYAG結晶が用いられており、全反射鏡39と出力鏡40とによって共振器が組まれている。したがって、光ファイバ7からの励起光 L_1 はレンズ41を通してレーザ媒質38であるYAG結晶に集光され、レーザ発振するYAG結晶により波長1064nmの基本波(第2のレーザ光) L_2 が取り出される。

【0066】基本波 L_2 の光路上には、第2高調波 L_{22} を発生する非線形光学結晶43、第4高調波 L_{24} を発生する非線形光学結晶44、露光光として用いられる第5高調波(第3のレーザ光) L_{25} を発生する非線形光学結晶45、第5高調波 L_{25} を反射してステップパの中に導くミラー15が順次配列されている。非線形光学結晶43は、好ましくはKTP結晶などにより、非線形光学結晶44、45は、好ましくはBBO結晶などにより構成される。

【0067】このような構造により、出力鏡40から取り出された基本波 L_2 は非線形光学結晶43に入射され、波長 532nmの第2高調波 L_{22} が生成される。ただし、第2高調波 L_{22} には非線形光学結晶43における未変換の基本波 L_2 も含まれる。第2高調波 L_{22} は非線形光学結晶44に入射され、その第2高調波である波長 266nmの第4高調波 L_{24} が生成される。続いて、第4高調波 L_{24} は非線形光学結晶45に入射され、非線形光学結晶43と非線形光学結晶44のどちらにおいても変換されずに残っている基本波 L_2 と、第4高調波 L_{24} との和周波数である波長 213nmの第5高調波 L_{25} が生成される。そして、第5高調波 L_{25} はミラーで反射され、露光光としてステップパ中に導かれる。

【0068】なお、ステップパにおいては、実施の形態1の場合と同様にして半導体ウェハにパターン像が転写される。

【0069】このように、本実施の形態の露光装置にお

いても、露光光生成用レーザ5bをステップと一体的に設置することが可能になるので、クリーンルームの振動によりステップと露光光生成用レーザ5bとが相対的にずれることはない。

【0070】また、露光光生成用レーザ5bと分離された励起用レーザ5aを床下部に設置することができるので、従来のエキシマレーザを用いる場合に比べて、作業室の広さを縮小することが可能になる。

【0071】なお、この点に関しては、従来のエキシマレーザを用いたステップにおいて、エキシマレーザを床下部に設置すると、クリーンルームが振動すると作業室の床面と床下部の床とが相対的に大きく変動してクリーンルームの振動の影響が一層大きくなる。したがって、そのような構成にすることは実質的に不可能である。これに対して、以上説明したように第5高調波L₅、つまり露光光を生成する露光光生成用レーザ5bをステップと一体化し、この露光光生成用レーザ5bを駆動する励起光L₁を励起用レーザ5aで生成して光ファイバ7で伝送することにより、励起用レーザ5aをどこに設置してもクリーンルームの振動の影響を受けることがなくなる。

【0072】(実施の形態3)図6は本発明のさらに他の実施の形態による露光装置を示す概念図である。

【0073】半導体工場1内には、露光装置などの半導体製造装置に対して集中的に供給されるガスや薬品を貯留しておくためのストックルーム50が、クリーンルーム2と隣接した場所に設けられている。そして、励起用レーザ(第1のレーザ光発生装置)5aはこのストックルーム50に設置されている。また、クリーンルーム2の作業室2a内には2台のステップ6が設けられており、露光光生成用レーザ(第2のレーザ光発生装置)5bは各ステップ6にそれぞれ一体的に取り付けられている。さらに、励起用レーザ5aは、このようにクリーンルーム2の外部に設置することができる。

【0074】励起用レーザ5aと露光光生成用レーザ5bとは光ファイバ7を介して接続されている。この光ファイバ7は、ストックルーム50からクリーンルーム2の床下部2cへ延び、ここから立ち上がるようにして作業室2aの露光光生成用レーザ5bへと導かれている。なお、励起用レーザ5aとしては前述した銅蒸気レーザや半導体レーザなどが、露光光生成用レーザ5bとしては同じく前述したYAGレーザ、チタンファイアレーザ、色素レーザなどが用いられる。

【0075】図示するように、光ファイバ7は途中で分岐されており、1台の励起用レーザ5aからの励起光(第1のレーザ光)がこの光ファイバ7を介して2台の露光光生成用レーザ5bにそれぞれ供給され、レーザ動作をさせるようになっている。但し、光ファイバ7をさらに分岐させて、1台の励起用レーザ5aからの励起光を3台以上の露光光生成用レーザ5bに供給するように

してもよい。つまり、1台の励起用レーザ5aからの励起光が複数台の露光光生成用レーザ5bに供給されるようになっていけばよい。なお、励起光を複数台の露光光生成用レーザ5bに供給することから、励起用レーザ5aとしては十分なパワーの励起光が発生されるものが用いられる。また、光ファイバ7を励起用レーザ5aに複数本取り付け、それぞれ露光光生成用レーザ5bに接続するようにしてもよい。このようにすれば、光ファイバ7を分岐すると励起光が減衰してしまうおそれがあると

きに有効である。

【0076】このように、1台の励起用レーザ5aを複数台の露光光生成用レーザ5bと接続するようにすれば、全レーザが占めるスペースを大幅に減らすことができる。

【0077】なお、露光光生成用レーザ5bに用いられるレーザの種類を異ならせたり、同一種類のレーザであっても発振波長を異ならせることにより、それぞれの露光光生成用レーザ5bから相互に異なる複数の波長の露光光を発生させることができる。これにより、1台の励起用レーザ5aを加工波長の異なる複数のステップ6に対応させることができる。

【0078】ここで、従来のエキシマレーザでは、レーザ発振させるために必要な放電エネルギーの0.1%以下のエネルギーがレーザ光に変換されるだけであり、99.9%以上もの放電エネルギーは熱となって大部分がクリーンルーム内に放出されていた。これに対し、本実施の形態によれば、露光光源5の発熱源である励起用レーザ5aがクリーンルーム2の外部に設置されているので、クリーンルームでの熱放出量が大幅に低減される。したがって、暖められた空気を冷却するために余計な電力を消費する必要がなく、クリーンルーム2の省エネにさらに貢献することができる。

【0079】(実施の形態4)図7は本発明のさらに他の実施の形態による露光装置の露光光源を示す斜視図である。

【0080】図示するように、本実施の形態では、たとえば銅蒸気レーザであるたとえば4台の励起用レーザ(第1のレーザ光発生装置)5a₁、5a₂、5a₃、5a₄が用いられ、各励起用レーザ5a₁、5a₂、5a₃、5a₄からそれぞれ光ファイバ(レーザ光伝送手段)7a₁、7a₂、7a₃、7a₄が導出されている。したがって、励起用レーザ5a₁、5a₂、5a₃、5a₄から取り出された励起光(第1のレーザ光)は各光ファイバ7a₁、7a₂、7a₃、7a₄により露光光生成用レーザ(第2のレーザ光発生装置)5bにそれぞれ伝送される。なお、光ファイバ7a₁、7a₂、7a₃、7a₄は一つに束ねられて1本の保護チューブ51内に通され、露光光生成用レーザ5bまで導かれている。なお、励起用レーザ5a₁、5a₂、5a₃、5a₄は複数台設置されていけばよく、4台に限定

されるものではない。

【0081】露光光生成用レーザ5bにおいて、4本の光ファイバ7a₁、7a₂、7a₃、7a₄のそれぞれに対応して、これらの光ファイバ7a₁、7a₂、7a₃、7a₄から出射された励起光を同一方向へ進む4本の平行ビームとするためのマイクロレンズ52、53、54、55が設けられている。したがって、細い光ファイバ7a₁、7a₂、7a₃、7a₄から照射された励起光はマイクロレンズ52、53、54、55により複数本の平行に進む平行ビームとなって露光光生成用レーザ5b内へ送られる。

【0082】このように複数本の平行ビームを互いに平行に進むようにしてからレンズなどで集光させれば、レーザ媒質に対して励起光を強く照射することができる。したがって、励起用レーザの高出力化が困難で励起用レーザ1台当たりの励起光パワーが低い場合でも、トータルの励起光パワーで必要とされるパワーを得ることができる。

【0083】また、パルスレーザではパルスごとのレーザエネルギーにばらつきが1〜3%程度あるため、パルス動作する励起用レーザ5a₁、5a₂、5a₃、5a₄を複数台用いてそれぞれからの励起光を束ねて用いることで、パルスごとのトータルのエネルギーのばらつきを小さくすることができる。これによって、露光光生成用レーザ5bで発振するレーザのエネルギーのばらつきを小さくすることができ、均一な露光光を照射する必要があるフォトリソグラフィの光源として用いると、高品質な露光が可能になる。

【0084】以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

【0085】たとえば、本実施の形態において、露光光として取り出されるレーザ光の波長は200nm、198nm、213nmといずれも200nm前後であるが、これ以外の波長の露光光が得られるような波長変換を行ってもよい。

【0086】さらに、以上の説明では、主として本発明者によってなされた発明を半導体ウェハWへのパターン形成に用いられる露光装置に適用した場合について説明したが、フォトリソグラフィのパターン形成のための露光装置に用いることも可能である。

【0087】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

【0088】(1).すなわち、本発明の露光技術によれば、第1のレーザ光に励起された第2のレーザ光を波長変換して露光光を取り出すようにしているので、第1のレーザ光を発生する第1のレーザ光発生装置と第2のレ

ーザ光を発生する第2のレーザ光発生装置とをレーザ光伝送手段で接続し、このレーザ光伝送手段の低損失領域にある波長の第1のレーザ光で第2のレーザ光を励起させるようにすることができる。したがって、第1のレーザ光発生装置と分離された第2のレーザ光発生装置をコンパクト化することができ、これをステップと一体化することができる。これにより、クリーンルームが振動しても第2のレーザ光発生装置と装置本体とがずれることなく、露光装置の稼働率の向上を図ることが可能になる。

【0089】(2).第2のレーザ光発生装置と分離された第1のレーザ光発生装置をクリーンルームの床下部や外部に設置することが可能になるので、クリーンルームの作業室内における露光装置のサイズダウンを図ることができ、その広さを大幅に縮小することが可能になる。これにより、清浄化エアの必要量を減少させることができるため、空気清浄システムの消費電力が削減される。また、クリーンルーム建設費が削減される。

【0090】(3).特に、第1のレーザ光発生装置をクリーンルームの外部に設置すればクリーンルームでの熱放出量が大幅に低減されるので、ルーム内の暖められた空気を冷却するために余計な電力を消費する必要がなく、クリーンルームの省エネにさらに貢献することができる。

【0091】(4).1台の第1のレーザ光発生装置を複数台の第2のレーザ光発生装置と接続するようにすれば、全レーザが占めるスペースを一層削減することが可能になる。

【0092】(5).長波長の第2のレーザ光を狭帯域化素子で狭帯域化した後に短波長の第3のレーザ光に波長変換しているので、狭帯域化素子が短波長のレーザ光を吸収してダメージを受けることがなくなり、長期間使用することが可能となる。これにより、十分に狭帯域化された短波長の第3のレーザ光である露光光を得ることが可能になる。その結果、色収差がほとんどない極めてシャープなパターン像が得られる。したがって、装置本体の紫外用レンズに、製造が困難で高価となる色消しレンズを用いる必要もなくなり、レンズのコストダウンにも寄与することができる。

【0093】(6).第1のレーザ光の発生源として銅レーザを用いると、第2のレーザ光の発生源としてとしては色素レーザやチタンサファイアレーザが利用できる。したがって、基本波の狭帯域化には可視用あるいは近赤外用の一般の狭帯域化素子を用いればよいので、この狭帯域化素子を半永久的に使用できる。したがって、十分に狭帯域化させた露光光を長期間安定して得ることができる。

【0094】(7).また、波長約200nmの露光光が第4高調波や第3高調波で得られるので、波長変換を行うための非線形光学結晶の数が少なくなって光軸調整が容易に

なる。

【0095】(8).さらに、銅レーザは4 kHz以上の繰り返し数でパルス動作するので、これによって得られる露光光では極めて多数のパルスが同じ領域に照射されることになり、パルスごとのエネルギーのばらつきの影響が大幅に減少する。したがって、装置本体としてスキャン方式のステッパを用いたならば、露光むらが大幅に減少され、また、スキャン速度を大幅に向上させることが可能になる。

【0096】(9).特に、第1のレーザ光の発生源としてに銅レーザを用い、第2のレーザ光の発生源としてに色素レーザを用いると、第3高調波で効率よく波長187~210nmの露光光を得ることができる。

【0097】(10).特に、第1のレーザ光の発生源としてに銅レーザを用い、第2のレーザ光の発生源としてにチタンサファイアレーザを用いると、露光光である第3のレーザ光を波長172~250nmの間で調整できることになるため、KrFエキシマレーザとArFエキシマレーザとの両方の波長をカバーすることが可能になる。これにより、たとえばエキシマガスを定期的に交換してレーザ出力の低下を防止するために装置を停止させるなど、各レーザに特有の問題を解消することができる。

【0098】(11).第2のレーザ光発生装置を装置本体と一体化することができるため、第2のレーザ光発生装置が波長200nm以下の真空紫外域の紫外光を発生する場合でも、この紫外光はほとんど減衰せずに装置本体内に導かれる。さらに、第1のレーザ光発生装置に銅レーザを用いると、第2のレーザ光発生装置に色素レーザやチタンサファイアレーザのような波長可変レーザを利用できるため、波長変換された第3のレーザ光の波長を、大気中の炭酸ガスや水蒸気の吸収スペクトルのピークを避けて設定することができる。これにより、真空紫外領域の露光光でも、減衰量を最小限に抑制しつつ装置本体まで導入することができる。この場合、波長200nm以下の紫外光を特に効率よく発生できる色素レーザを第2のレーザ光発生装置に用いると、特に有効である。

【0099】(12).1台の第2のレーザ光発生装置を複数台の第1のレーザ光発生装置に対応させ、複数本の平行ビームを互いに平行に進むようにしてからレンズなどで集光させれば、レーザ媒質に対して第1のレーザ光を強く照射することができる。これにより、第1のレーザ光のパワーが低い場合でもトータルとして必要とされるパワーを得ることができる。また、パルスごとのトータルのエネルギーのばらつきを小さくすることができるので、得られた露光光のエネルギーのばらつきを小さくすることができ、高品質な露光を行うことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1による露光装置を示す概念図である。

【図2】図1の露光装置における第2のレーザ光発生装

置の内部構造を示す説明図である。

【図3】図1の露光装置における装置本体の内部構造を示す説明図である。

【図4】スキャン方式のステッパの露光面積を示す説明図である。

【図5】本発明の実施の形態2による露光装置の露光光源における第2のレーザ光発生装置の内部構造を示す説明図である。

【図6】本発明の実施の形態3による露光装置を示す概念図である。

【図7】本発明の実施の形態4による露光装置の露光光源を示す斜視図である。

【符号の説明】

- | | |
|------------------------------------------|-------------------------|
| 1 | 半導体工場 |
| 2 | クリーンルーム |
| 2 a | 作業室 |
| 2 b | 天井部 |
| 2 c | 床下部 |
| 3 | 天井 |
| 4 | 床面 |
| 5 | 露光光源 |
| 5 a, 5 a ₁ ~ 5 a ₄ | 励起用レーザ (第1のレーザ光発生装置) |
| 5 b | 露光光生成用レーザ (第2のレーザ光発生装置) |
| 6 | ステッパ (装置本体) |
| 7, 7 a ₁ ~ 7 a ₄ | 光ファイバ (レーザ光伝送手段) |
| 8 | レーザ媒質 |
| 9 | 回折格子 |
| 10 | 出力鏡 |
| 11 | レンズ |
| 12 | 狭帯域化素子 |
| 13, 14 | 非線形光学結晶 |
| 15 | ミラー |
| 16 | レンズ |
| 17 | ミラー |
| 18 | シャッタ |
| 19 | アパーチャ |
| 20 | ショートカットフィルタ |
| 21 | ミラー |
| 22 | マスクブラインド |
| 23 | コンデンサレンズ |
| 24 | 縮小投影レンズ |
| 25 | マスク移動台 |
| 26 | ウェハステージ |
| 27 | Z軸移動台 |
| 28 | X軸移動台 |
| 29 | Y軸移動台 |
| 38 | レーザ媒質 |
| 39 | 全反射鏡 |

(11)

特開平10-135555

19

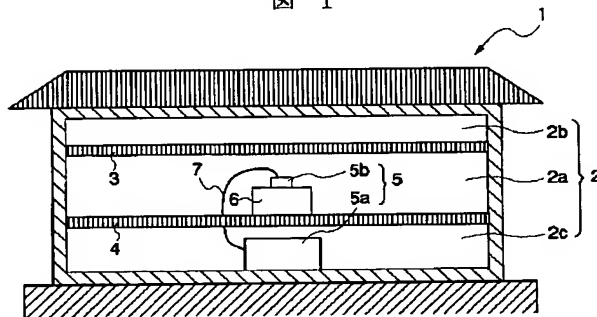
20

40 出力鏡
41 レンズ
43, 44, 45 非線形光学結晶
50 ストックルーム
51 保護チューブ
52, 53, 54, 55 マイクロレンズ
60 露光フィールド
61 露光面積
 L_2 第2高調波

* L_3 第3高調波 (第3のレーザー光)
 L_4 第4高調波 (第3のレーザー光)
 L_{11} 第2高調波
 L_{12} 第4高調波
 L_{13} 第5高調波 (第3のレーザー光)
 L_6 基本波 (第2のレーザー光)
 L_R 励起光 (第1のレーザー光)
M フォトマスク
* W 半導体ウェハ

【図1】

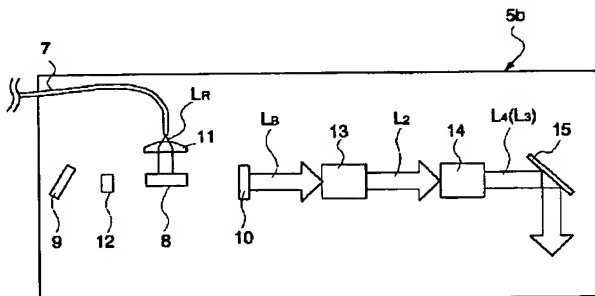
図 1



5a : 励起用レーザー
5b : 露光光生成用レーザー
7 : 光ファイバ

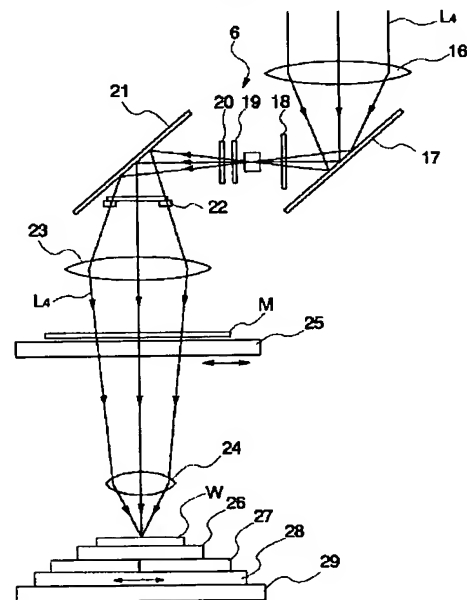
【図2】

図 2



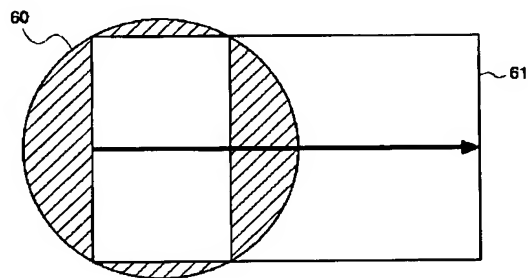
【図3】

図 3



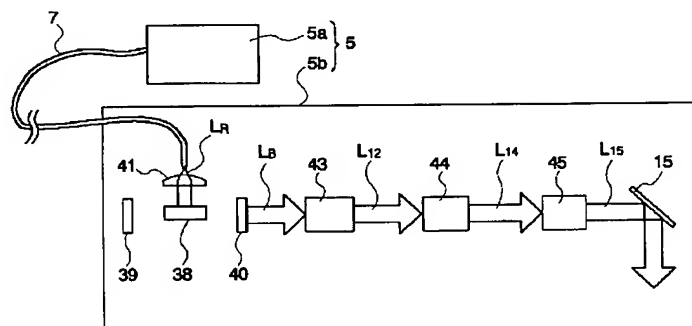
【図4】

図 4



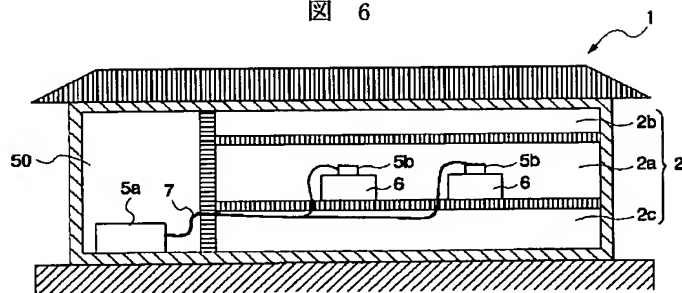
【図5】

図 5



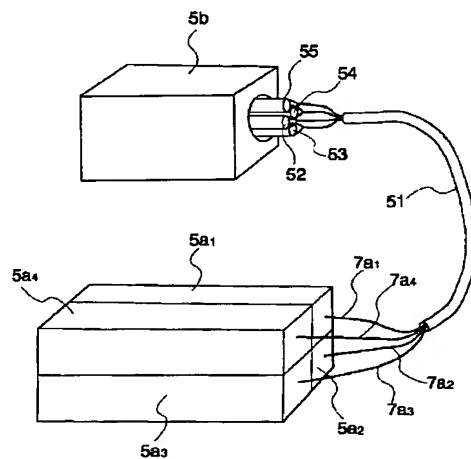
【図6】

図 6



【図7】

図 7



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I
H O I L 21/30

5 2 7